

Année 1925

THÈSE

POUR LE

N.
298

DOCTORAT EN MÉDECINE

(DIPLOME D'ÉTAT)

PAR

M. Georges CHAPAUT

Né le 5 Octobre 1897, à Neure (Allier)

Ancien interne des Hôpitaux de Clermont-Ferrand

Les Moyens de Protection à utiliser et les Précautions à prendre EN RADIOLOGIE

Président de Thèse : M. le Professeur CARNOT.

PARIS

MARCEL VIGNÉ, ÉDITEUR

11 et 13, rue de l'Ecole-de-Médecine

Année 1925

THÈSE

N°.....

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

(DIPLOME D'ÉTAT)

PAR

M. Georges CHAPAUT

Né le 5 Octobre 1897, à Neure (Allier)

Ancien interne des Hôpitaux de Clermont-Ferrand

Les Moyens de Protection à utiliser et les Précautions à prendre EN RADIOLOGIE

Président de Thèse : M. le Professeur CARNOT.

PARIS

MARCEL VIGNÉ, ÉDITEUR

11 et 13, rue de l'Ecole-de-Médecine

1925

892

I. — PROFESSEURS

	MM.
Anatomie	NICOLAS.
Anatomie médico-chirurgicale	CUNEO.
Physiologie	Ch. RICHET.
Physique médicale	André BROCA.
Chimie organique et chimie générale	DESGREZ.
Bactériologie	BEZANÇON.
Parasitologie et histoire naturelle médicale ..	BRUMPT.
Pathologie et thérapeutique générales	Marcel LABBÉ.
Pathologie médicale	SICARD.
Pathologie chirurgicale	LECÈNE.
Anatomie pathologique	LETULLE.
Histologie	PRENANT.
Pharmacologie et matière médicale	RICHAUD.
Thérapeutique	CARNOT.
Hygiène	Léon BERNARD.
Médecine légale	BALTHAZARD.
Histoire de la médecine et de la chirurgie ..	MÉNÉTRIÉR.
Pathologie expérimentale et comparée	ROGER.
	GILBERT.
Clinique médicale	CHAUFFARD.
	ACHARD.
	WIDAL.
Hygiène et clinique de la première enfance..	MARFAN.
Clinique des maladies des enfants	NOBÉCOURT.
Clinique des maladies mentales et des mala- dies de l'encéphale	H. CLAUDE.
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques	JEANSELME.
Clinique des maladies du système nerveux..	GUILLAIN.
Clinique des maladies infectieuses	TEISSIER.
	DELBET.
Clinique chirurgicale	HARTMANN.
	LEJARS.
	GOSSET.
Clinique ophtalmologique	De LAPERSONNE.
Clinique urologique	LEGUEU.
	BRINDEAU.
Clinique d'accouchements	COUVELAIRE.
	JEANNIN.
Clinique gynécologie	J.-L. FAURE.
Clinique chirurgicale infantile et orthopédie	BROCA Auguste.
Clinique thérapeutique médicale	VAQUEZ.
Clinique oto-rhino-laryngologique	SEBILEAU.
Clinique thérapeutique chirurgicale	DUVAL.
Clinique propédeutique	SERGENT.

II. — AGRÉGÉS EN EXERCICE

MM.

Pathologie médicale	ABRAMI.
Pathologie chirurgicale	ALGLAVE.
Pathologie médicale	AUBERTIN.
Pathologie chirurgicale	BASSET.
Pathologie médicale	BAUDOUIN.
Physiologie	BINET.
Chimie biologique	BLANCHETIÈRE.
Histologie	BRANCA.
Pathologie médicale	BRULÉ.
Pharmacologie et matière médicale	BUSQUET.
Pathologie chirurgicale	CADENAT.
Histologie	CHAMPY.
Pathologie médicale	CHIRAY.
Pathologie médicale	CLERC.
Hygiène	DEBRÉ.
Anatomie pathologique	I. de JONG.
Médecine légale	DUVOIR.
Obstétrique	ÉCALLE.
Pathologie médicale	FIESSINGER.
Pathologie médicale	FOIX.
Pathologie expérimentale	GARNIER.
Pathologie médicale	HARVIER.
Urologie	HEITZ-BOYER.
Anatomie	HOVELACQUE.
Parasitologie	JOYEUX.
Chimie biologique	LABBÉ (Henri).
Pathologie chirurgicale	LARDENNOIS.
Obstétrique	LE LORIER.
Oto-rhino-laryngologie	LEMAITRE.
Pathologie médicale	LEMIERRE.
Obstétrique	LÉVY-SOLAL.
Pathologie mentale	LHERMITTE.
Pathologie médicale	LIAN.
Pathologie chirurgicale	MATHIEU.
Obstétrique	METZGER.
Pathologie chirurgicale	MOCQUOT.
Pathologie chirurgicale	MONDOR.
Pathologie chirurgicale	MOURE.
Histologie	MULON.
Bactériologie	PHILIBERT.
Pathologie médicale	RIBIERRE.
Physiologie	RICHT Fils.
Anatomie	ROUVIÈRE.
Physique médicale	STROHL.
Pathologie médicale	TANON.
Pharmacologie et matière médicale	TIFFENEAU.
Obstétrique	VAUDESCAL.
Histologie	VERNE.
Pathologie médicale	VILLARET.
Ophtalmologie	WELTER.

III. — AGRÉGÉS RAPPELÉS A L'EXERCICE pour le service des examens

	MM.
Physiologie	CAMUS.
Pathologie médicale	GOUGEROT.
Obstétrique	GUENIOT.
Histologie	RETTERER.
Anatomie pathologique	ROUSSY.

IV. — AGRÉGÉS CHARGÉS DE COURS DE CLINIQUE à titre permanent

	MM.
Clinique chirurgicale	AUVRAY.
Clinique chirurgicale	CHEVASSU.
Clinique médicale	LAIGNEL LAVASTINE
Clinique médicale infantile	LEREBOILLET.
Clinique médicale	LÉRI.
Clinique médicale	LÉPER.
Clinique chirurgicale infantile	OMBRÉDANNE.
Clinique chirurgicale	PROUST.
Clinique médicale	RATHERY.
Clinique chirurgicale	SCHWARTZ.
Clinique ophtalmologique	TERRIEN.

V. — CHARGÉS DE COURS

	MM.
Chargé du cours de chirurgie orthopédique chez l'adulte pour les accidentés du travail, les mutilés de guerre et les infirmes adultes	MAUCLAIRE, agrégé.
Stomatologie	FREY.
Education physique	N.
Radiologie clinique	LEDOUX-LEBARD.

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

A MON PÈRE

A MA MÈRE

A MA SŒUR

A MA FAMILLE

ET

A TOUS MES AMIS

A NOTRE PRÉSIDENT DE THÈSE

MONSIEUR LE PROFESSEUR CARNOT

Professeur de Thérapeutique à la Faculté de Médecine

*Qui nous fait le très grand hon-
neur d'accepter la présidence
de cette thèse.*

A MONSIEUR LE PROFESSEUR ANDRÉ BROCA
Professeur de Physique médicale à la Faculté de Médecine
Officier de la Légion d'Honneur
Membre de l'Académie de Médecine
(IN MEMORIAM)

A MONSIEUR LE DOCTEUR J. BELOT

Electro-Radiologiste des Hôpitaux

Chef du Laboratoire de Radiologie de l'Hôpital Saint-Louis

Chevalier de la Légion d'Honneur

A NOS MAITRES
DE L'ECOLE DE MÉDECINE DE CLERMONT-FERRAND

A NOS MAITRES
DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

A MESSIEURS LES DOCTEURS
NAHAN, GASTAUD, ET LEPENNETIER

*Hommage de notre reconnais-
sance.*

AU DOCTEUR JOSEPH PÉNARD

Ancien Interne des Hôpitaux de Paris

Chirurgien-Chef de l'Hôpital Saint-Joseph à Moulins

*Hommage de notre gratitude et
de notre reconnaissance.*

Introduction

Peu après la découverte des rayons X, de nombreux accidents se produisirent dans les laboratoires de radiologie ; on ne connaissait pas alors le danger des nouvelles radiations, et cette ignorance faisait commettre les pires imprudences.

Depuis, ces accidents deviennent de plus en plus rares, et ils doivent même devenir l'exception, si l'on s'entoure d'un matériel protecteur suffisant et que l'on s'astreigne à l'employer correctement.

Le médecin radiologiste doit connaître les accidents auxquels sont exposés ses malades, son personnel et lui-même, et il doit organiser son laboratoire afin d'être dans les meilleures conditions possibles pour les éviter.

Les accidents sont de deux sortes, ils sont dus aux rayons X eux-mêmes, ou aux appareils servant à les produire. Aussi après avoir passé en revue les différents accidents, qui peuvent se produire, nous étudierons quels sont les différents moyens de protection à utiliser et les précautions à prendre pour les éviter au malade, au médecin et à son entourage.

CHAPITRE PREMIER

Accidents causés aux malades par les Rayons X

Les accidents causés aux malades par les rayons X, sont l'épilation, la radiodermite et un malaise décrit sous le nom de mal des irradiations.

1° *EPILATION*. — On sait qu'une certaine dose de rayons X (5 H) détermine sans aucune réaction cutanée une chute temporaire des cheveux ou de la barbe, cette propriété des rayons X a même été mise en pratique pour le traitement des affections parasitaires des poils.

Cependant une dose trop forte peut donner une épilation définitive, et il faudra bien éviter de la produire.

2° *RADIODERMITES*. — Les radiodermites sont les principaux accidents à éviter au malade, aussi, si au début de la radiologie, on en a observé quelques-unes, grâce aux instruments de mesure et aux moyens de protection dont nous disposons actuellement, elles doivent être aujourd'hui l'exception. Nous distinguons deux sortes de radiodermites, les radiodermites aiguës et les radiodermites chroniques. On les dénomme aussi opératoires et professionnelles, car les premières s'observent surtout chez les malades et les secondes chez les radiologistes.

Les radiodermites aiguës sont dues, soit à une dose trop

forte, trop fréquemment répétée, ou à une mauvaise exposition devant l'ampoule radiogène.

Il existe deux formes de radiodermites aiguës, les formes légères et les formes graves, avec des formes intermédiaires, suivant la profondeur plus ou moins grande des lésions.

A. — RADIODERMITES LÉGÈRES. — a) *Forme érysémateuse* : Ce degré, le plus bénin de la radiodermite, se produit 5 à 10 jours après une irradiation un peu forte, c'est une nappe de teinte uniformément rose ou rouge, disparaissant à la pression. Indolore dans les formes légères, elle peut s'accompagner de picotements ou de prurit.

Elle persiste pendant une semaine environ en faisant place à de la desquamation, puis à de la pigmentation; certaines parties sont plus sensibles que d'autres, la région cervicale ou la région de l'axillaire, par exemple.

b) *Forme phlycténoïde* : Même début que dans la forme précédente, mais avec une coloration plus foncée et de petites saillies violacées, s'accompagnant d'un prurit très marqué. Peu de temps après, les petits points violacés deviennent confluents et forment des phlyctères, qui ne tardent pas à suppurer; puis, après une durée de 15 jours environ, les douleurs deviennent moins vives, la coloration diminue et la guérison se produit avec une pigmentation très marquée.

B. — RADIODERMITES GRAVES. — a) *Forme ulcéreuse* : Vient à la suite d'une radiodermite phlyctéroïde, sur une phlyctène ulcérée qui devient violacée et suintante, s'accompagnant de douleurs vives. Celle-ci s'agrandit pendant six à huit semaines, puis elle reste stationnaire, et la cicatrisation se fait assez lentement et la plupart du temps en quelques

mois, souvent avec des périodes d'aggravation et de rémission.

b) *Forme nécrosante* : Dans cette forme, la mortification des tissus se produit généralement sur une phlyctène ulcérée. Sur l'ulcération apparaissent des taches qui deviennent rapidement elle tombe, elle découvre une ulcération rouge et boursoite. L'escharre reste longtemps sans se détacher; puis, quand elle tombe, elle découvre une ulcération rouge et bourgeonnante des tissus cellulaires sous-cutanés des éléments tendineux ou des tissus musculaires mortifiés, suivant le degré de la brûlure. L'évolution vers la guérison est toujours très lente, et l'on peut voir réapparaître des ulcérations nouvelles à la suite d'un traumatisme très léger, et même sans la moindre cause apparente.

3° *MAL DES IRRADIATIONS*. — Le malaise qui se produit quelquefois à la suite d'une longue séance de radiothérapie est appelée par certains radiologistes « mal des irradiations ».

Nous ne considérons pas comme accidents dus aux rayons X, ceux qui se produisent six à huit jours après l'irradiation chez les cancéreux possédant des tumeurs ulcérées; ces accidents sont dûs au passage dans le sang de substances toxiques et d'albumine produites par la cytolyse de la tumeur. Le mal des irradiations, lui, débute le jour même ou le lendemain par des vertiges, de la céphalée, des nausées, quelquefois même par des vomissements ou de la toux persistante. Ces accidents ont fait l'objet de nombreuses communications. On accusa l'ozone et les vapeurs nitreuses d'en être cause. L'ozone est en effet un gaz toxique ayant une action irritante sur les muqueuses respiratoires. Il est dû aux effluves qui,

par leur rayonnement ultra-violet, opèrent la synthèse de l'oxygène de l'air.

Les vapeurs nitreuses ont peut-être une action, mais elles se produisent en bien petite quantité.

Aussi, l'ozone et les vapeurs nitreuses ne doivent pas être seules incrimitées. Les vapeurs mercurielles produites par l'interrupteur surchauffé, et l'ionisation de l'air, surtout en roentgenthérapie profonde, sont certainement pour quelque chose, mais il paraît de plus en plus certain que la grande cause est due aux rayons secondaires.

CHAPITRE II

Comment éviter les Accidents causés aux malades par les Rayons X

Nous envisagerons successivement comment protéger le malade, en radioscopie, en radiographie et en radiothérapie.

I. — EN RADIOSCOPIE. L'épilation et la radiodermite sont les seuls dangers à éviter en radioscopie. À l'heure actuelle, le malade ne court aucun risque, la dose reçue dans un examen de durée normale étant bien inférieure à la dose nocive ; cependant, il en serait tout autrement si le malade était soumis à un examen trop long ou à des examens trop répétés. Tel est le cas rapporté par MM. Belot et Chevasse, en 1917, d'une radiodermite consécutive à un examen radioscopique de quinze minutes environ, et suivi d'une pose de vingt-deux minutes pour une radiographie.

Pour éviter ces accidents, on devra donc :

1^o Examiner son malade rapidement, en tenant le diaphragme aussi peu ouvert que possible ;

2^o Protéger le malade contre les rayons à grande longueur d'onde, en doublant le châssis ou la table d'examen d'une plaque d'aluminium de 3, 10^e de millimètre environ et de couleur sombre, afin d'éviter la réflexion de la lumière qui pourrait gêner l'opérateur.

8° Interrompre de temps en temps, pour les examens qui exigent une longue exposition aux rayons X (un tube digestif par exemple), afin d'éviter au malade et à soi-même une exposition inutile.

II. — EN RADIOGRAPHIE. — De même qu'en radioscopie, l'épilation et la radiodermite sont les seuls accidents à éviter. Autrefois, ces accidents étaient dus à des tubes trop mous et à faible rendement, ce qui nécessitait des poses extrêmement longues pour obtenir de bonnes radiographies. Tel est le cas rapporté par MM. Chaillons et Laquerrière, d'une radiodermite consécutive à trois radiographies successives, faites avec un tube trop mou et des poses de 20 minutes pour chaque radiographie. Aujourd'hui, ces accidents ne doivent plus se produire, à moins d'une faute très grave de l'opérateur, grâce au bon rendement des tubes à notre disposition, aux émulsions très sensibles des plaques et des pellicules photographiques, et des écrans renforçateurs abrégeant les temps de pose d'une façon telle qu'ils nous permettent de faire des poses extrêmement courtes et même des radiographies instantanées.

III. — EN RADIOTHÉRAPIE. — Les trois accidents se trouvent en radiothérapie.

a) *Epilation* : L'épilation est temporaire ou définitive et doit être évitée. Nous ne considérerons pas comme accident l'épilation de la barbe causée par une très forte dose de rayons X, prescrite pour un cancer du maxillaire, ou l'alopecie due à un traitement d'une tumeur de la selle turcique; ce sont des choses prévues, mais dont on doit prévenir le malade.

L'épilation est due à une dose trop forte ou à une mau-

vaise position. L'épilation définitive doit être surtout évitée dans le traitement des affections parasitaires du cuir chevelu : la dose prescrite ne doit pas dépasser 5 H.

Pour les radiologistes qui emploient l'ionomètre de M. Solomon, une dose de 800 R. sans filtres, avec 10 ou 11 cm. d'étincelle équivalente, donneront de bons résultats, comme l'ont montré MM. Belot, Journeau-Dubreuil et Noiré.

Pour les épilations dues aux mauvaises positions du sujet, nous verrons comment les éviter, en même temps que les radiodermites dues à la même cause.

b) *Radiodermite.* : Les radiodermites en radiothérapie deviennent aussi de plus en plus rares, car avec une bonne technique et en prenant des précautions, on peut réaliser une thérapeutique à la fois efficace et sans danger. Les précautions à prendre avant de faire une séance de radiothérapie, sont les suivantes :

1° Prescrire convenablement ses doses et ses filtres, suivant le résultat qu'on veut obtenir.

2° Vérifier souvent si l'anticathode est bien centrée dans la cupule protectrice, vérifier toujours ses filtres avant l'application.

3° Installer le malade de manière à ce qu'il soit le plus à l'aise possible et qu'il puisse demeurer immobile pendant tout le temps que dure la séance. Il vaut mieux que le malade soit couché, mais si on le laisse assis, pour le traitement d'un doigt, d'une main ou d'un avant-bras par exemple, il faut recouvrir d'un caoutchouc plombé toute la région du corps située au-dessus de la cupule. Il faut agir de la même manière pour les personnes qui tiennent dans leurs bras un enfant auquel on fait un traitement. Si l'on n'opérait pas ainsi, on pour

rait provoquer des alopecies temporaires et définitives et des radiodermites.

4° Bien délimiter la région à traiter avec un crayon gras, afin d'éviter tout chevauchement si l'on applique la radiothérapie sur deux plages voisines. Entourer de champs protecteurs la région où l'on fait l'application, aplanir la peau avec un carton ou une petite planchette de bois, pour éviter que la peau bombe et que le centre reçoive une beaucoup plus forte dose que le pourtour. Surveiller le malade pendant tout le temps de l'application, pour éviter que, par des mouvements intempestifs, bien qu'involontaires, il ne déplace le localisateur ou les caoutchoucs protecteurs.

5° Vérifier que l'on n'est ni en dessous ni en dessus de la dose prescrite, soit en faisant éclater une étincelle au spintermètre de temps en temps, soit en surveillant constamment son kilovoltmètre et son milliampèremètre, soit mieux encore en prenant la dose pendant tout le traitement avec les appareils que nous avons aujourd'hui à notre disposition (ionomètre, intensionomètre).

c) *Mal des irradiations* : Pour prévenir cet accident chez les malades traités par la roëntgenthérapie, il faudra prendre les précautions suivantes :

1° Avoir une salle de radiothérapie aussi spacieuse que possible, bien aérée, bien ventilée, soit par des cheminées d'aération, soit de préférence par un ventilateur, ou mieux encore par un système de deux ventilateurs, l'un amenant l'air pur et l'autre expulsant l'air après altération.

2° Eviter le plus possible les effluves en se servant de conducteurs et de trolleys à grand diamètre et à angles arrondis

qui effluent beaucoup moins ; c'est d'ailleurs ainsi que sont construits les derniers modèles d'appareils à tension élevée.

3" Isoler autant que possible dans une pièce voisine le transformateur, contact tournant et spintermètre. Mettre à terre la table si elle est métallique, et le pied porte ampoule.

4" Couvrir le malade de champs plombés, afin qu'il reçoive le moins possible de rayons secondaires.

CHAPITRE III

Accidents Professionnels développés par les Rayons X

Le malade qui reçoit une dose donnée et inoffensive de rayons X peut être pratiquement protégé contre tout danger. Il n'en est pas de même pour le médecin radiologiste qui tous les jours passe plusieurs heures dans le voisinage de tubes en fonctionnement. S'il ne se protégeait pas d'une manière efficace, il verrait se produire chez lui des accidents dont furent victimes les radiologues de la première heure.

Ces accidents sont de deux sortes : locaux et généraux.

a) *Accidents locaux* : Ce sont les radiodermites.

Les radiodermites aiguës ne doivent pas se produire à l'heure actuelle chez un radiologiste, car elles seraient la preuve d'imprudence ou d'un défaut de technique opératoire.

Les radiodermites chroniques, au contraire, conséquence de la répétition fréquente de faibles doses, sont spécialement rencontrées chez les professionnels.

Ce sont les mains qui sont le plus fréquemment atteintes, puis la face et quelquefois même les orteils.

La radiodermite chronique débute d'abord chez le radiologiste, par de la sécheresse de la peau, la transpiration ne se fait plus guère, puis viennent des picotement et du prurit. Les poils tombent. On remarque un peu plus tard de la cya-

nose des extrémités digitales, surtout à la face dorsale des phalanges. Les ongles sont lésés, ils deviennent striés, friables et cassants. La peau du bourrelet inguéal devient fragile et sensible.

C'est le premier stade de la radiodermite, ne pouvant guérir que si l'on cesse toute exposition, même minime, aux rayons X.

Si le radiologiste continue à pratiquer, on voit alors sur le dos des mains se produire des marbrures rouges et des varicosités; il s'y développe des lésions hyperkératosiques et des verrucosités, puis des ulcérations se creusent sur la peau amincie, des douleurs quelquefois très pénibles apparaissent.

Mais ce qui fait la gravité de ces lésions, c'est surtout la possibilité de leur dégénérescence en cancer. Soit une verrucosité qui se transforme en épithélioma papillaire à type spinocellulaire, ou une petite ulcération qui subit la transformation épithéliale et se met à bourgeonner.

b) *Accidents généraux* : On peut constater quelquefois, après des séances prolongées de radioscopie, des accidents légers, consistant en fatigue, inappétence céphalée, vertige et état nauséeux; ils sont très probablement provoqués par une insuffisance polyglandulaire légère, due à l'action des rayons X sur les cellules de ces organes.

D'autre part on peut voir chez les radiologistes pratiquant déjà depuis un certain temps, une anémie spéciale due à l'altération du tissu sanguin.

En examinant le sang des radiologistes, le D^r Aubertin a montré que ce sont surtout les globules blancs qui sont altérés. Il a constaté une diminution notable des polynucléaires neutrophiles et une diminution du chiffre total des leucocytes.

D'autres auteurs ont signalé de la mononucléose. Il semble bien qu'il s'agit d'une anémie roentgenienne, due aux rayons pénétrants qui peuvent atteindre et léser le sang et les organes hématopoïétiques.

La sensibilité des cellules séminales et ovariennes est bien connue, et une faible quantité de radiations peut les détruire définitivement.

Bergonnié et Tribondeau ont montré que l'ovaire subit une atrophie visible, avec disparition quelquefois totale des follicules de Graaf. Le testicule, peut-être en raison de sa plus grande proximité de téguments, paraît plus radio-sensible. Ces lésions des glandes génitales entraînent la stérilité.

Connaissant ces dangers, le radiologiste devra donc chercher à défendre son personnel et lui-même contre l'action radioactive des rayons X.

CHAPITRE IV

Comment éviter les accidents professionnels causés par les Rayons X

Nous examinerons successivement comment doit se protéger en radioscopie, en radiographie et en radiothérapie le médecin radiologiste, et quels sont les principes d'hygiène auxquels il doit s'astreindre.

I. — EN RADIOSCOPIE.

Le radiologiste se tient vraiment près du tube radiogène, mais il est relativement protégé avec les moyens dont il dispose, s'il ne pratique pas trop longtemps chaque jour.

A) MOYENS DE PROTECTION.

1° *Cupule*. — L'ampoule radiogène doit être enfermée dans une cupule protectrice, faite d'une substance isolante chargée de sels opaques et qui ne laissent passer les rayons que par un orifice situé dans la direction du malade. Pour le moment, seule l'ampoule Coolidge, à type Baby, présente cet avantage; l'ampoule à type Standart, à cathode incandescente, n'est pas encore dotée d'une cupule entièrement fermée, ce genre de cupule gênant son refroidissement. Il est cependant à souhaiter que bientôt elle en soit pourvue. On considère que, pour une cupule, une équivalence à 2 mm. de plomb est nécessaire.

une équivalence de 1,5 mm. suffirait au-dessous de 70.000 volts.

Les cupules laissent cependant pour la plupart passer les rayons durs, et quand elles sont hémisphériques, diffuser les rayons au-dessus d'elles. Il serait donc préférable d'avoir des cupules doublées de plomb et complètement fermées, ou des tubes à rayons X auto-protecteurs, mais cette question est encore aujourd'hui à l'étude.

Journal de Radiologie, tome VIII, n° 11, novembre 1924, p. 510

2° *Diaphragme*. — Devant la cupule se trouve un diaphragme en plomb, dont l'orifice varie à volonté, de manière à ne conserver que la quantité de rayons X nécessaires à la projection de l'image. Le diaphragme à quatre volets est préférable au diaphragme en iris, car le premier peut être fermé en entier. L'opacité de chaque volet du diaphragme doit être au moins équivalente à trois millimètres de plomb. Pour les installations marchant au-dessous de 70.000 volts, une équivalence de deux millimètres paraît suffire.

3° *Ecran fluorescent*. — Le faisceau de rayons X qui traverse le malade, va dessiner les détails sur un écran fluorescent; comme le radiologiste se tient devant cet écran, celui-ci doit être recouvert d'une glace au plomb d'une épaisseur de six à huit millimètres. Pour avoir une certaine valeur de protection, cette glace doit correspondre à environ deux millimètres de plomb, homogène et sans défaut.

4° *Gants*. La radiodermite des mains étant le plus fréquent des accidents professionnels, le radiologiste devra donc se protéger les mains, et pour cela prendre des gants faits de caoutchouc plombé. Les gants très épais protègent très bien, mais ils sont lourds et rendent peu commode le maniement

des volants de commande et impossible le tracé des croquis. D'autre part, à la palpation, ils sont très opaques et gênent pour localiser exactement la douleur, cachant une partie des organes examinés. Ils ont l'inconvénient, étant en caoutchouc, de contenir des substances réductrices libérées sous l'action acide de la sueur; d'autre part, au bout de quelque temps, ils dégagent une odeur désagréable. Certains radiologistes mettent toujours une paire de gants de fil avant de mettre les gants opaques, ils évitent ainsi les inconvénients précités. D'autres radiologistes ne se servent pas de gants, mais ont au devant de leur commande une large plaque de plomb, ce qui les protège bien. Les gants doivent avoir une équivalence d'au moins $1 \text{ m/m } \frac{1}{2}$ de plomb.

5° *Tablier et écrans.* — Pour protéger les organes glandulaires, rate, foie, intestin, et en particulier les organes génitaux, on peut se servir d'un tablier en caoutchouc plombé. Ce tablier doit être long et épais, allant du haut de la poitrine jusqu'à la hauteur du genou. Pour que sa protection soit efficace, il faut que son opacité corresponde au moins à une épaisseur de 1 m/m de plomb. Son défaut est d'être lourd et fatigant à porter. Dans certains laboratoires, on utilise un paravent doublé de deux millimètres de plomb et venant jusqu'à la ceinture, ou un écran-paravent mobile qui suit l'écran fluorescent; la protection est ainsi plus efficace.

Avec les tables pour examen couché, l'ampoule étant sous la table, on devra se servir de paravents protecteurs ou de plaques de blindage, situées sur les côtés et équivalent au moins à deux millimètres de plomb, comme dans le modèle de table de MM. Belot et Ledoux-Lebard; ainsi, on a un excellent moyen de protection.

6° *Lunettes.* — Bien que les lésions des yeux et des conjonctives dues aux rayons X ne soient pas admises par tous les radiologistes, le port de larges lunettes en verre au plomb, protégeant aussi les cils et les sourcils, paraît nécessaire si l'on fait beaucoup de radioscopie et surtout des radiographies en série. Les verres des lunettes doivent être aussi grands que possible, et correspondre au moins à $\frac{1}{2}$ m m de plomb.

B) PRÉCAUTIONS A PRENDRE.

Les précautions que doit prendre un radiologiste sont le complément des moyens de protection, et c'est pour cela que le radiologiste doit s'astreindre à une discipline sévère, car il y a des choses à faire et des choses à éviter.

1° *Ce qu'il faut faire :* Travailler avec un diaphragme aussi peu ouvert que possible, afin d'avoir un petit faisceau de rayons.

Examiner rapidement son malade.

Donner le courant au dernier moment et couper aussitôt l'examen terminé. L'emploi d'une pédale raccourcit ainsi la durée de fonctionnement du tube.

Se tenir aussi loin que possible du tube. Il ne semble pas qu'il y ait avantage à se tenir sur le côté, car ainsi les lunettes, le tablier et l'écran ne protègent plus.

2° *Ce qu'il faut éviter.* — Ne jamais mettre sa main nue ou même gantée, devant l'écran.

Ne jamais palper les mains nues, et si l'on met des gants palper cependant de préférence avec des instruments spéciaux, tels que le distincteur d'Holzkmacht par exemple. Localiser de même les douleurs avec un localisateur métallique.

Ne pas faire tourner son malade avec la main, mais employer une plateforme tournante.

II. EN RADIOGRAPHIE. — Comme pour la radioscopie, nous étudierons quels sont les moyens de protection et quelles sont les précautions à prendre.

A. — MOYENS DE PROTECTION. — Les dangers sont moindres qu'en radioscopie, le radiographe peut se protéger d'une façon très efficace, par un paravent plombé et aussi en se tenant aussi loin que possible du tube radiogène, puisque l'intensité du rayonnement décroît en raison du carré des distances.

M. le P^r André Broca a montré qu'avec un tube Coolidge, dans sa cupule, visible depuis l'électroscope, celui-ci étant de 5 m. 50, le tube débitant 2 milliampères sous 16 centimètres d'étincelle équivalente, le courant de décharge est en moyenne de 5×10^{-13} m/m, ampères, et que c'est une valeur qui se trouve dans certaines atmosphères naturelles.

Donc, avec une cupule à une distance de 5 m. 50, on ne recevrait qu'une faible quantité de rayonnement. Mais cependant si de cette manière on évite le rayonnement primaire, on n'est nullement protégé contre le rayonnement secondaire. C'est pour cela qu'il vaut mieux comme dans certains laboratoires, placer le malade et l'ampoule dans une pièce, le manipulateur et les appareils de commande dans une cabine voisine entièrement séparée de la première salle par une cloison opaque. Dans cette cloison est pratiquée une petite fenêtre garnie de verre au plomb par laquelle on peut surveiller le malade. Ce mode de protection est tout à fait efficace, l'opérateur ne recevant aucun rayon primaire et secondaire. La confection des cloisons et des cabines opaques, peut être réa-

lisée de deux façons. Soit en recouvrant le mur ou la cloison d'une feuille de plomb de 1 à 2 millimètres d'épaisseur, soit comme l'ont proposé MM. Henri Bécclère, Chevrotier et Henri Lumière, en fabricant des cloisons en briques opaques. Ces briques sont des briques ordinaires contenant un poids de 1 kilogramme à 1 kil. 500 de baryte. Les essais faits à la Faculté de Médecine par M. le P^r André Broca et le D^r Loisel, ont montré que 2 cm. 5 d'épaisseur de brique absorbait plus de rayonnement que 5 millimètres de plomb. On peut faire des briques de 3 à 5 centimètres d'épaisseur, contenant 2 kilogrammes de baryte et ainsi avoir une certaine garantie d'imperméabilité. On a aussi proposé de remplacer la baryte par du minerai de plomb (galène) ou des sels de plomb (minium).

Les avantages de ces briques sur le plomb sont leur prix de revient moindre, et leur moins bonne conductibilité.

Leurs inconvénients sont : la difficulté d'obtenir une homogénéité certaine, et une bonne coaptation, à l'aide d'un mortier opaque. Le plomb a pour lui l'avantage de l'homogénéité, et surtout sa commodité. On lui a reproché ses moyens de fixation, mais il est très facile de recouvrir de plomb la tête du clou qui sert à le fixer. Dans les laboratoires ainsi conçus, l'opérateur manipule ses instruments à l'abri des rayons et n'est pas sur leur trajectoire, il ne court aucun danger.

B. — PRÉCAUTIONS A PRENDRE.

1^{re} *Ce qu'il faut faire.* — Rester dans la cabine pendant la marche de l'ampoule. Faire des poses aussi courtes que possible, en employant des écrans renforceurs.

2° *Ce qu'il faut éviter de faire.* Comme tout médecin radiologiste, se livre aussi bien à la radioscopie, qu'à la radiothérapie; il reçoit en radioscopie des rayons sur les mains, si possible il ne devra pas développer lui-même ses clichés ou, s'il est obligé de le faire, il devra prendre toutes précautions nécessaires pour éviter de se souiller les mains avec les produits photographiques qui sont des produits réducteurs. L'emploi des cuves verticales pour le développement et des porte-films ou porte-plaques est dans ce cas, tout à fait à recommander.

Le médecin radiologiste devra aussi éviter d'immobiliser lui-même son malade, il l'immobilisera avec des sacs de sable ou des lacs; s'il s'agit d'un enfant ou d'un nourrisson, les hottes spéciales l'immobiliseront tout à fait bien dans la position voulue.

III. — EN RADIOTHÉRAPIE. — Les moyens de protection sont les mêmes que ceux de la radiographie; l'opérateur aura aussi une cabine opaque pour se soustraire à l'action des rayons X et des rayons secondaires. Plus la radiothérapie sera pénétrante, plus il faudra augmenter les moyens de protection. Pour la radiothérapie pénétrante, la cupule est remplacée par une cuve doublée de plomb. Si l'on est dans un appartement, il faudra protéger aussi le voisinage en doublant la pièce de plomb. Les précautions à prendre sont les mêmes que pour la radiographie; il faudra éviter de rester autour d'un tube en marche et d'immobiliser soi-même un enfant sous les rayons.

HYGIÈNE DU RADIOLOGUE. — En plus des moyens de protection qu'il utilise, et des précautions qu'il prend, le radiologue doit aussi obéir à certains principes d'hygiène.

Pour éviter les accidents généraux, il doit travailler dans une salle aussi aérée que possible et faire une énumération globulaire mensuelle. Il devra arrêter son travail s'il y a une diminution notable des polynucléaires neutrophiles, et il devra prendre tous les ans, un mois ou deux de vacances au grand air.

1° Pour éviter les accidents locaux (radiodermites), il devra éviter le soleil, tenir sa peau toujours grasse et porter des gants peu serrés. S'il est atteint de radiodermite, il devra cesser toute manipulation et ne reprendre ses travaux qu'après guérison.

2° De même que tout autre médecin, le médecin radiologiste doit se protéger des maladies contagieuses, la tuberculose en particulier.

Etant obligé de faire parler ou tousser le malade pendant l'examen, il devra éviter de recevoir des projections de salive. C'est pour cela que le D^r Maingot a imaginé un large écran transparent qui surmonte l'écran radioscopique, et se trouve au niveau de la bouche du malade. Cet écran est pratique et protège bien.

CHAPITRE V

Accidents occasionnés par les appareils producteurs de Rayons X

Les accidents occasionnés par les appareils producteurs de rayons X sont de deux sortes, les uns électriques, les autres mécaniques.

I. — ACCIDENTS ÉLECTRIQUES. — Ces accidents s'appliquent aussi bien au malade qu'au médecin ; le dernier y est cependant plus exposé par le maniement des appareils. Ils peuvent aller depuis la simple commotion jusqu'à la brûlure, et à la mort par électrocution.

A) CAUSES. — Les accidents électriques sont dus à ce qu'un individu touche un conducteur traversé par un courant, il conduit par son corps le courant à la terre, d'où il retourne à la source d'énergie électrique.

On a cru pendant longtemps, après les remarquables travaux de Prévost et Batelli sur la physiologie des accidents de l'électricité, que leur gravité dépendait de la valeur de la tension. On s'est aperçu depuis que la tension n'est pas le facteur dominant de la genèse des accidents, mais qu'ils sont plutôt la résultante d'une série de facteurs électriques et d'éléments biologiques.

B FACTEURS ÉLECTRIQUES. — 1° Un premier facteur est

le mode de contact. Il est bipolaire, c'est le cas d'un individu touchant d'une main un fil d'aller et de l'autre un fil de retour du courant. Il est beaucoup plus souvent unipolaire, c'est le cas d'un individu non isolé du sol et qui touche un fil, il ferme ainsi le circuit au sol à travers son corps, et il sera parcouru par un courant dont l'intensité sera commandée par la résistance totale de la chaîne.

2° Un deuxième facteur est la résistance qu'offre le sujet; si celui-ci présente des conditions de bonne conductibilité, en vertu de la loi d'Ohm $I = \frac{E}{R}$, la résistance étant tout à fait infime, un courant même de faible tension trouvera une voie facile pour devenir fatal à l'organisme.

3° Un troisième facteur intervient, c'est celui du courant alternatif ou continu. Le courant alternatif est regardé par Prévost et Batelli comme plus dangereux que le courant continu, et toutes choses égales d'ailleurs, une intensité trois fois plus petite que celle du continu pourrait amener la mort.

C) ÉLÉMENTS BIOLOGIQUES. — On a tendance à attribuer la mort à la mise en trémulation du cœur par le courant électrique, et la formule « le danger est au cœur », est à l'heure actuelle à peu près admise par tout le monde. L'expérience montre que plus un courant passera près du cœur, plus il offrira de danger.

Elle montre aussi que pour tuer un chien de 20 kilogrammes, un courant de 70 à 100 milliampères est suffisant. Pour l'homme, on admet que la mort peut arriver aux environs de 100 milliampères.

Le danger est donc lié intimement à la conductibilité du sujet, ce qui revient à dire, à l'intensité du courant qui traverse l'organisme. Aussi pour éviter tout danger, il faudra donc

que l'intensité du courant qui traverserait le corps soit réduite au minimum.

II. — ACCIDENTS MÉCANIQUES.

Les accidents mécaniques sont :

- a) *La rupture de l'ampoule ;*
- b) *La faute et la chute de l'anticathode.*

Ces deux accidents ne sont que très rarement signalés.

CHAPITRE VI

Comment éviter les accidents électriques et mécaniques

Le médecin radiologiste doit éviter aux malades et à lui-même les accidents électriques et mécaniques.

I. — COMMENT ÉVITER LES ACCIDENTS AU MALADE.

a) *Accidents électriques.* — En radioscopie, comme en radiographie, et en radiothérapie, on évite les dangers en immobilisant bien le malade, de manière à ce qu'il ne puisse faire aucun mouvement intempestif. On peut le recouvrir d'une gaze métallique mise à la terre, véritable cage de Faraday, qui l'isole entièrement.

On peut aussi mettre autour de l'ampoule une gouttière pare-étincelle métallique, qui évite au malade tout contact avec l'ampoule ou les fils électriques. Comme précautions à prendre, le mieux est de rendre le malade docile, de lui faire ainsi éviter tout mouvement intempestif. Le malade sera isolé de manière à avoir un mauvais contact avec le sol.

b) *Accidents mécaniques.* — Pour les accidents mécaniques. Le malade ne risque rien en radioscopie, en radiothérapie, il sera protégé par les filtres et la cupule. En radiographie, le localisateur sera pourvu d'un filtre en aluminium.

II. — COMMENT ÉVITER LES ACCIDENTS AU MÉDECIN.

Pour éviter l'électrocution, le radiologue devra offrir lui-même une résistance aussi grande que possible et prendre les précautions suivantes :

1° Avoir une installation faite soigneusement et des coupe-circuits nombreux. Les trolleys seront gros et forts pour éviter la rupture, ils seront suspendus au plafond à l'aide d'un isolant (charbon ou ébonite). Ainsi, on aura un moyen de fixation de sûreté au cas où un fil d'appui du trolley viendrait à se rompre.

2° Les volants de commande ne doivent pas être métallique, mais en bois ou en ébonite. Des gants de caoutchouc plombé, donnent aussi un moins bon contact que la main nue, surtout si elle est légèrement humide.

3° Le sol du laboratoire de radiologie ne doit pas être carrelé, les carreaux étant trop conducteurs, surtout s'ils sont humides.

4° Un plancher ciré recouvert d'un tapis épais ou d'un linoléum donnera plus de sûreté. Cependant, certains linoléums contenant des sels métalliques sont très conducteurs, et il faudra s'en méfier.

5° On sera plus isolé à un premier étage qu'à un rez-de-chaussée.

6° Il faudra éviter de toucher les fils de haute tension. l'appareil étant en marche. Pour éviter cela le D^r Belot a fait construire une cage blindée, s'adaptant au châssis pour

examen en position debout, enfermant hors de tout contact possible les fils de haute tension.

7° Le pied porte ampoule et tous les appareils métalliques doivent être reliés à la terre.

En prenant toutes ces précautions, on évitera tous les risques d'électrocution.



CONCLUSIONS

- I. La pratique de la Radiologie peut déterminer chez les malades et les opérateurs, des accidents locaux et généraux dont la gravité n'est plus à démontrer.
- II. A l'heure actuelle, la radiologie ne doit donner lieu à aucun accident chez les malades, lorsqu'on a un laboratoire bien organisé et qu'on emploie une bonne technique.
- III. Les accidents dus aux Rayons X sont évitables chez le radiologiste et le personnel de son laboratoire à condition de se servir systématiquement des moyens de protection en usage et de prendre toutes les précautions voulues.
- IV. Les précautions à prendre s'appliqueront de façon particulière, suivant que l'on fasse de la radioscopie, de la radiographie ou de la radiothérapie, et de façon générale à toute opération radiologique.
- V. Les dispositions particulières à prendre sont les suivantes
 - 1° *En radioscopie.* Comme la radioscopie est l'opération qui expose le plus aux accidents, la personne qui pratique des examens radioscopiques devra être munie :

- a) D'un grand tablier de caoutchouc opaque;
- b) De gants au plomb;
- c) De lunettes en verre au plomb;
- d) L'écran fluorescent sera recouvert d'une glace au plomb d'une épaisseur convenable.

On évitera de placer les mains dans le champ du rayonnement et on manœuvrera le diaphragme de manière à avoir un faisceau lumineux aussi petit qu'on le pourra. Chaque examen doit être aussi court que possible.

Une lame d'aluminium de 2 ou 3/10 de millimètre protégera le malade et le médecin contre les rayons très mous.

2° *En radiographie.* Bien que moins dangereux à pratiquer que la radioscopie, parce qu'on peut se tenir plus loin de l'ampoule radiogène, il faudra prendre tout au moins les mêmes précautions; mais mieux encore les mêmes précautions qu'en radiothérapie.

3° *En radiothérapie.* Toujours se protéger contre les rayons primaires et secondaires. Toujours se placer derrière un paravent mais de préférence à l'intérieur d'une cabine opaque. Opérer dans une pièce bien aérée pour permettre l'évacuation de l'ozone.

VI. Les dispositions générales à prendre sont les suivantes:

- a) Se tenir toujours aussi loin que possible des ampoules en fonctionnement;
- b) Ne jamais travailler sans cupule ou cuve protectrice;
- c) Ne jamais tenir un malade ou le faire tenir par quelqu'un de son personnel;

- d) Ne pas développer soi-même ses clichés (les produits photographiques altèrent la peau) ou si l'on est obligé de le faire, se servir de pinces, de gants en caoutchouc ou de cuves verticales avec porte-films;
- e) Faire pratiquer une prise de sang au moins trimestrielle à son personnel et à soi-même;
- f) Cesser la radiologie chaque fois que l'examen hématologique dénote un trouble de l'organisme.
- g) Prendre chaque année, au moins un mois de vacances au grand air.

VII. Les accidents électriques sont évités en ayant une installation aussi parfaite que possible, des coupes circuit nombreux, et un sol mauvais conducteur de manière à ce que le corps du médecin ou celui du malade offre la plus grande résistance possible.

Vu : le Doyen,
H. ROGER.

Vu : le Président,
CARNOT.

Vu et permis d'imprimer :
Le Recteur de l'Académie de Paris
P. APPELL.

Bibliographie

- AUBERTIN. — Le sang des radiologues. (*Paris Médical*, 1914-1915, XV., 189-193).
- BECK. — Principles of protection against Roentgen light dermatitis. *Med. Rev. N.-Y.*, 1903, LIII, 164.
- BECK. — Zum Selbstschutz bei Roentgenuntersuchung. *Berlin Klin. Wchnsch.* 1903, XI 741.
- BÉCLÈRE H., CHEVROTIER J., LUMIÈRE H. — Nouveau matériel de protection contre les rayons X. *Bul. et mem. Soc. Chir. de Paris*, 1922 x LVIII, 123.
- BELOT J. et CHEVASSE. — Radiodermite consécutive à un examen radiologique. *J. de radiol. et électrol.*, Paris, 1916, 17, II, p. 657.
- BOUCHACOURT. — Sur la nécessité pour les radiologistes de n'opérer que dans des grandes salles suffisamment ventilées. *Bul. et mem. Soc. Radiol.*, Paris, 1922 x 43.
- BROCA ANDRÉ. — Rapport sur les dangers des radiations pénétrantes et des moyens de les éviter. *Journ. de Radiol. et Electrol.*, Paris, 1921, V. 414-418.
- BROCA ANDRÉ. — A propos des accidents dus aux rayons X. *Arch. d'électr. med.*, Bordeaux, 1911, 232-234.
- BERGONIE J. — Sur une nouvelle méthode de protection contre les rayons de Roentgen. *Compte rendu Ac. des Sciences*, Paris, 1905, CXL, 1566.

- Brit Journ. of Radiol.* — (Röntgen Soc. Sect.) XX No. 78, janvier 1924, p. 27.
- CHAILLOUS et LAQUERRIÈRE. — Radiodermite grave consécutive et trois radiographies. *J. de Radiologie et Electrologie*, Paris, iii 103-105.
- CYRONS N. — Inconvénients et dangers des rayons X. *Journal d'Hygiène*, Paris, 1897 XXII, 209.
- DALE J. Y. — Skiagraphie dermatitis *Med. News N.-Y.*, 1897 LXXI, 11.
- DESTÈNES. — Contribution à l'étude des moyens de défense du médecin contre les rayons X. *Bul. et mem. de la Société Radiol. med.* de Paris, 1910 II 102-104.
- FERROUX et REGAUD. — Protection contre les rayons X par l'introduction de minéral de plomb dans les murs des chambres de Röntgentherapie *Bul. ac. de Med. Paris*, 1922, LXXXVII 280-283.
- FAUVEAU DE COURMELLES. — Hygiène et sécurité du radiologue. *Archives d'électricité médicale*, juin 1920, p. 175 à 186.
- HALL EDWARDS J. — X Ray dermatitis and protection. *Arch. Röntgen. Ray. Lond.* 1909, 10 XIV, 374-376.
- HOLZKNECHT G. — Ein neues Material zum Schutz der gesunden Haut gegen Roentgenlicht und über radiologische Schutzmassnahmen im Allgemeinen. *Munchen med. Wchnschr.*, 1903 I 1902, 1905 Soiland.
- LABORDERIE J. — Appareil de protection contre les chutes de trolley dans les installations radiologiques. *Journal de Radiologie et Electrologie*, Paris, 1921, V. 174.

- LAQUERRIÈRE A. — Précautions à prendre dans les installations électro-radiologiques. *J. de Radiol. et Electrol.*, Paris, 1920, IV, 205-212.
- LEBON H. — Moyens de protection contre l'action nocive des rayons de Röntgen. *Clini.*, Paris, 1907 II 35-38.
- LHERMITE. — Modif. du sang chez les radiologues. *Semaine médicale*, Paris, 1912, XXXII, 50.
- LÉONARD CL. — The X Ray burn. its production ant prevention; has the X Ray any therapeutic properties ? N.-York, M. J. 1898, LXVIII, 18-20.
- MALLET. — Au sujet de l'influence de l'ozone dans le mal des irradiations. *Bull. et mem. Soc. Radiol.*, Paris, 1922, 147.
- ONDIN, BARTHÉLÉMY, DARIER. — Accidents cutanés et viscéraux consécutifs à l'emploi des rayons X. *France médicale*, Paris 1898, XIV, 113-120-145-162-179.
- ONDIN P. et ZIMMERN A. — Les dangers des rayons X. Comment s'en préserver. *Presse médicale*, Paris, 1908 XVI, p. 249.
- PIFFARD H. G. — Hand protection in Röntgen praxis New-York. M. J., 1906, LXXXIII 6-11.
- THIBONNEAU. — Précautions à prendre contre les accidents dus aux chutes de trolleys. *J. de Radiol, et d'Electrol.*, Paris, 1923, VII, 411.
- ZIMMERN A. — Les méfaits de la basse tension. *Presse médicale*, Paris, 1920, 25.